

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 195 31 627 C 1

⑳ Aktenzeichen: 195 31 627.4-31
㉑ Anmeldetag: 28. 8. 95
㉒ Offenlegungstag: —
㉓ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 24. 10. 98

⑤1 Int. Cl. 6:
H 04 N 5/32
H 04 N 1/383
H 05 G 1/84

DE 195 31 627 C 1
Jc971 U.S. PTO
10/040063
10/29/01

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

㉔ Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

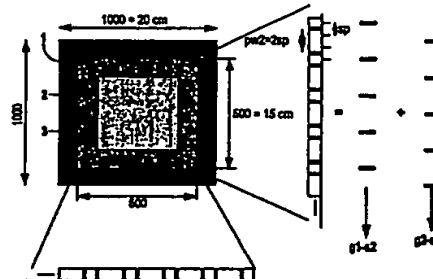
㉕ Erfinder:
Hassler, Dietrich, Dipl.-Ing., 91080 Uttenreuth, DE

㉖ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 36 28 532 A1
US 50 38 208
EP 06 44 887 A2

㉗ Verfahren zum Betrieb eines Röntgenbilderzeugungssystems mit einem Matrix-Detektor

㉘ Es soll ein Verfahren zum Betrieb eines Röntgenbilderzeugungssystems mit einem Matrix-Detektor (1) geschaffen werden, bei dem eine Ausschnittvergrößerung mit einer großen Zahl unterschiedlicher Vergrößerungsfaktoren möglich ist.
Die Auslesung erfolgt durch örtlich unterschiedliche Gruppierung. Es wechselt beispielsweise eine nicht gruppierte, einzeilige Auslesung mit einer gruppierten Doppelzellen-Auslesung, wodurch sich z. B. der Faktor 1,5 ergibt.



DE 195 31 627 C 1

Zur Röntgenbilderzeugung ist es bekannt, einen Röntgenbildverstärker zu verwenden, bei dem durch geeignete Ansteuerung Ausschnittsvergrößerungen (Zoom) möglich sind. Anstelle eines Röntgenbildverstärkers kann auch ein aus einer Matrix von Detektorelementen bestehender Halbleiterdetektor auf der Basis von a-Si : H verwendet werden. Bei einem Röntgenbildverstärker kann das Vergrößerungsverhältnis frei gewählt werden. Mit der Vergrößerung steigt die Ortsauflösung. Die Bildfrequenz bleibt erhalten.

In DE 36 26 532 A1 ist eine Röntgendiagnostikeinrichtung mit einer Matrix optoelektronischer Sensoren beschrieben, bei welcher die Bildgeometrie verändert werden kann, indem das Bild in einer Richtung gedehnt bzw. gestaucht wird. In EP 0 644 687 A2 ist eine einem CCD-Wandler nachgeschaltete elektronische Zoom-Einrichtung beschrieben, bei welcher eine Interpolation benachbarter Zeilen vorgenommen wird. Eine Interpolation benachbarter Pixel wird in der in US 5,083,208 beschriebenen elektronischen Zoom-Einrichtung verwendet.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betrieb eines Bilddetektors, der aus einer Matrix von Detektorelementen besteht, so auszubilden, daß der Zoom den Verhältnissen bei einem Röntgenbildverstärker weitgehend entspricht, d. h. das Vergrößerungsverhältnis im Rahmen der Erfordernisse weitgehend frei gewählt werden kann.

Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß durch den Patentanspruch 1. Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 die Darstellung eines aus einer Detektormatrix bestehenden Bilddetektors zur Erläuterung des Erfindungsgedankens,

Fig. 2 Rechenschritte für den Bilddetektor gemäß Fig. 1,

Fig. 3 die Darstellung verschiedener Zoomfaktoren für einen Matrix-Bilddetektor für konstante Bildfrequenz,

Fig. 4 Matrixverkleinerungen ohne Zoom mit steigender Bildfrequenz,

Fig. 5 die Signalverarbeitung im Orts- und Frequenzraum,

Fig. 6 Frequenzfunktionen für 1/cos-Filter zur Erläuterung der Fig. 5,

Fig. 7 einen Filterkern für 1/cos-Filter für die Frequenzfunktion gemäß Fig. 6,

Fig. 8 die dynamisch verschobene Gruppierung zur Artefaktunterdrückung und Interpolation auf die Zielmatrix, und

Fig. 9 und 10 eine um 120° versetzte Abtastung im Ortsbereich und im Frequenzbereich.

Als bevorzugtes Beispiel wird der Zoomfaktor 1,5 erzeugt, bei dem die Bildfrequenz erhalten bleiben kann und die Grenzauflösung entsprechend um den Faktor 1,5 sinkt.

Die Fig. 1 zeigt als Beispiel einen 20 cm × 20 cm-Detektor 1 mit einer 1.000 × 1.000-Matrix mit dem inneren Zoomfeld 2 für 10 cm × 10 cm einer 500 × 500-Matrix für 15 cm × 15 cm. Wenn im 10 cm × 10 cm-Zoom eine Bildfrequenz von 30 Bildern pro Sekunde bei einer Grenzauflösung von 2,5 Linienpaaren/mm (Lp) erreicht wird, kann nach dem Stand der Technik der ganze Detektor 1 durch Gruppierung von Nachbarpixeln mit

gleicher Frequenz und halber Grenzauflösung ausgelesen werden.

Ein Zoomfeld von 15 cm × 15 cm mit einer 500 × 500-Matrix erreicht man durch örtlich unterschiedliche Gruppierung, wie rechts angedeutet. Es wechselt — zunächst bezogen auf die Zeilen — eine nicht gruppierte, einzeilige Auslesung mit einer gruppierten Doppelzeilen-Auslesung. Die Schwerpunkte der Abtastung sind mit Strichen rechts gekennzeichnet. Die Schrittweite der Abtastung steigt um den Faktor 1,5. Damit steigt die Kantenlänge des Zoomfeldes 3 von 10 cm auf 15 cm (Zoomfeld 3) und die Grenzauflösung sinkt um den Teiler 1,5 von 2,5 Lp/mm auf 1,7 Lp/mm. Weil die Matrixgröße unverändert 500 × 500 beträgt, bleibt die Bildfrequenz erhalten. Durch nachgeschaltete Interpolation kann z. B. auf einer 1.000 × 1.000-Matrix dargestellt werden.

Der unterschiedlichen Pixelgröße (1sp, 2sp) entsprechend ist das Ergebnisbild in zwei Teilbilder, einmal mit Zeilen für einzeilige (g1-s2-Bild) und solche für gruppierte Auslesung (g2-s1-Bild) aufgeteilt. Das gruppierte Halbbild ist zu höheren Vertikalfrequenzen hin stärker tiefpaßgefiltert, wie unten genauer abgeleitet ist.

Dieser Unterschied soll nach Fig. 2 durch eine Hochpaßfilterung 4 in Spaltenrichtung nur in dem gruppierten Teilbild ausgeglichen werden. Nach der Filterung können die beiden Teilbilder zum Summenbild 5 wieder vereinigt werden. Der Block 6 stellt ein interpoliertes Bild in einer 1.000 × 1.000-Matrix dar.

Für die 2. Dimension (Spalten) kann auf zwei Weisen verfahren werden:

a) Wegen der parallelen Auslesung der Spalten können ohne Zeitverlust Werte aller Spalten in den Rechner übertragen und dort durch Interpolation auf die Zielmatrix reduziert werden.

b) die gleiche wechselnde Abtastung/Teilfilterung wie oben kann im zweiten Schritt im Rechner nachvollzogen werden. Die Filterung entspricht dann einer zweidimensionalen Hochpaßfilterung.

Die Fig. 3 zeigt weitere praktisch relevante Zoom-Faktoren, z. B. für einen Radiographiedetektor und die zugeordneten Abtastungen, bei einer konstanten Bildfrequenz von 30 Bildern/s (B/s).

Mit der Fig. 4 soll gezeigt werden, daß die Abtastung mit wechselnder Gruppierung und Teilbildfilterung auch dazu genutzt werden kann, ohne Zoom ein Vollbild konstanter Dimensionen in unterschiedlichen, nicht nur ganzzahligen Matrixgrößen/Auflösungen auszulesen und dabei die maximal möglichen Auslesegeschwindigkeiten zu nutzen. Im Beispiel verkleinert sich die Matrix in den Schritten 3.000, 2.000, 1.800, 1.500, 1.200, 1.000, wobei typische Bildfrequenzen von 10 B/s über 15 B/s, 17 B/s, 20 B/s, 25 B/s zu 30 B/s aufsteigen.

Die Fig. 5 veranschaulicht eine systemtheoretische Betrachtung in der Gegenüberstellung links des Ortsbereiches und rechts des Frequenzbereiches. Eine cosinusförmige Musterschwingung mit der Periode von 9 Rasterweiten sp wird mit den Pulsbreiten pw1 = 1sp und pw2 = 2sp abgetastet. Im Ortsbereich entspricht dies einer Faltung mit dem Ergebnis unterschiedlich gedämpfter Schwingungen gleicher Frequenz. Im Frequenzbereich entspricht der Faltung eine Multiplikation mit Sinc-Funktionen unterschiedlicher Breite, die zu übertrieben gezeichneten Unterschieden der gefilterten Spektralnadeln führen.

Nachdem die endliche Pixelgröße so berücksichtigt

ist, kann die Abtastung im Ortsbereich als Multiplikation mit Dirac-Impulsen dargestellt werden, die zu den ganz unten gezeigten Abtastwerten führen. Die Abtaststellen liegen für nicht gruppierte und gruppierte Zeilen um 180° auseinander. Das zugeordnete Linienspektrum zeigt diesen Phasenunterschied als Polaritätsunterschied der Teilspektren. In Summe ergibt sich das Spektrum für die Abtastung mit 1,5 sp, weil sich die Nadel-

spektren z. B. bei $1/3$ sp kompensieren. Der Multiplikation im Ortsbereich entspricht die Faltung im Frequenzbereich. Man findet gegenpolige Linienspektren, die sich zu Null kompensieren würden, wenn die Amplituden gleich groß wären. Eine Hochpaßfilterung ohne Phasenverschiebung nach der Formel von Fig. 2 im Bereich zur Nyquistgrenze bringt die Amplituden auf gleiche Größe, so daß die Kompensation eintreten kann. Damit ist die Abtastung wie mit regelmäßiger Pixelgröße und Schrittweite 1,5 sp erreicht. Ohne Filterung entsprechen den sich nicht zu Null kompensierenden Spektralkomponenten die frequenzabhängig ungleich empfindlichen Abtastungen, die sich in Abtastwerten äußern, die nicht exakt auf der Cosinus-schwingung liegen (Fig. 5 unten links).

Eine geeignete Filterfunktion zeigt die Fig. 6 im Frequenzbereich (geg). Durch den Filterkern nach Fig. 7 mit sieben Stützstellen zur Faltung im Ortsbereich anstelle einer Filterung im Frequenzbereich wird die darunterliegende Kurve (rek) als Annäherung realisiert.

Ein kleiner Unterschied zur Abtastung mit gleich großen Pixeln bleibt bei endlichem Störabstand. Die gefilterten Zeilen werden geringfügig geringeren Störabstand aufweisen, weil die Signale der gruppierten Zeilen dem elektronischen Rauschen des Systems näher gekommen sind und die Hochpaßfilterung beides gleichermaßen anhebt. Dies kann bei niedrigen Dosen in der Durchleuchtung eine Rolle spielen. Hier bietet es sich an, den Unterschied zu verwischen und dadurch zu mindern, daß bei einer Bildserie von Bild zu Bild die Lage der gruppierten Abtastung nach Fig. 8 verschoben wird. Die dabei auftretenden Unterschiede der Schwerpunkte der Abtastung müssen berücksichtigt werden. Dies geschieht bei Interpolation der Meßwerte in eine Zielmatrix zur abwechselnden Darstellung auf dem Monitor. Bei Einzelaufnahmen ist wegen hoher Dosis der Rauschabstand so hoch, daß keine sichtbare Störung erwartet wird.

Für schnelle Bildfolgen der Durchleuchtung wird außerdem vorgeschlagen, die Verschiebung der Gruppierung ohne vorgeschaltete Filterung anzuwenden. Durch den Mittelungseffekt durch Trägheit des Auges ist zu erwarten, daß verbleibende Artefakte verwischt werden und sich eine nur etwas verschlechterte Modulations-Übertragungsfunktion (MÜF) einstellt (Mittelwert der Sinc-Funktionen).

Die Systemtheorie dazu in graphischer Form zeigt die Fig. 9 für den Ortsbereich und die Fig. 10 im Frequenzbereich mit allen drei Phasenlagen in der Grafik überlagert. Die Bedeutung der Schraffur ist wie in Fig. 5. Die Entsprechung zu den unteren drei Schritten von Fig. 5 ist dargestellt. Die mehrfachen 120° -Phasenverschiebungen zeigen sich im Spektrum als Stern für die Teilkomponenten. Ihre Zeigeraddition entspricht der Verschmelzung durch die Trägheit des Auges.

In der untersten Grafik von Fig. 10 sind nur die zum Verständnis nötigen Komponenten eingetragen, die sich aus der Abtastung gemäß den ersten beiden Zeilen von Fig. 9 unter Berücksichtigung der Zusatzdrehung durch Interpolation in die Zielmatrix ergeben. Man sieht, daß

sich die störenden Komponenten bei der Frequenz $(1/3\text{sp} - 1/p)$ kompensieren. Dasselbe ergibt sich in anderen Kombinationen der drei phasenverschobenen Abtastarten, so daß ein dauerndes Durchwechseln genauso zum Ziel führt wie nur der Wechsel zwischen zwei Phasenlagen.

Große Unterschiede der Spektralampplituden für gruppierte und ungruppierte Abtastung treten nach Fig. 5 nur nah der Nyquistgrenze auf (max. Faktor 2), wo die MÜF des vor dem Detektor 1 liegenden Szintillators bereits für kleine Amplituden sorgt, so daß restliche, nicht voll unterdrückte Artefakte auch klein bleiben.

Die Methode ist sinngemäß auf andere ungeradzahlige Auslesungen (z. B. Fig. 3) zu übertragen.

Die Filterung/Rückfaltung kann auch die Information der nicht gruppierten Zeilen/Spalten verwenden, was Vorteile bei hohen Ortsfrequenzen hat.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Röntgenbilderzeugungssystems mit einem Detektor (1), welcher von einer Matrix von Detektorelementen gebildet ist, bei dem zur Ausschnittsvergrößerung eine örtlich unterschiedliche Gruppierung der Pixel erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem eine nicht gruppierte, einzeilige Auslesung mit einer gruppierten Doppelzeilen-Auslesung wechselt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die Schrittweite der Abtastung um den Faktor 1,5 steigt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem bei unveränderter Matrixgröße und Bildfrequenz durch Interpolation auf einer größeren Matrix dargestellt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem das gruppierte Bild tiefpaß-gefiltert wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die Gruppierung wechselt.

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

$$\frac{\frac{\sin(\pi f_{pw1})}{\pi f_{pw1}}}{\frac{\sin(\pi f_{pw2})}{\pi f_{pw2}}} = 2 \frac{\sin(\pi f_{sp})}{\sin(2\pi f_{sp})} = \frac{1}{\cos(\pi f_{sp})}$$

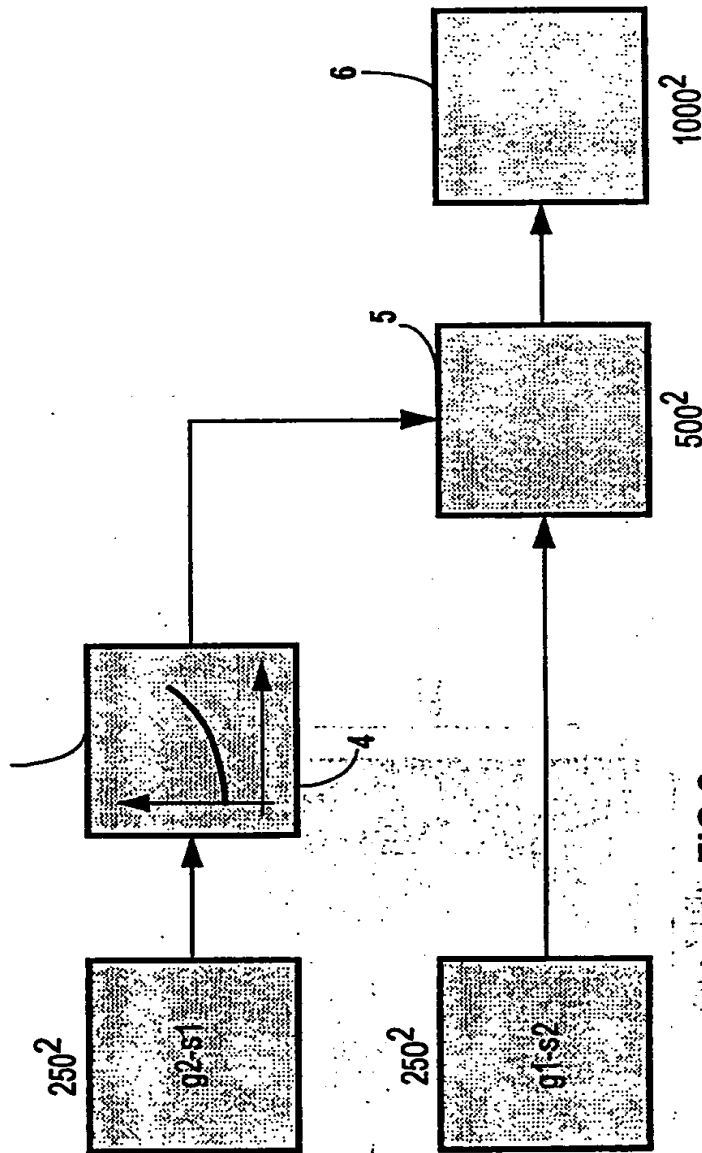


FIG 2

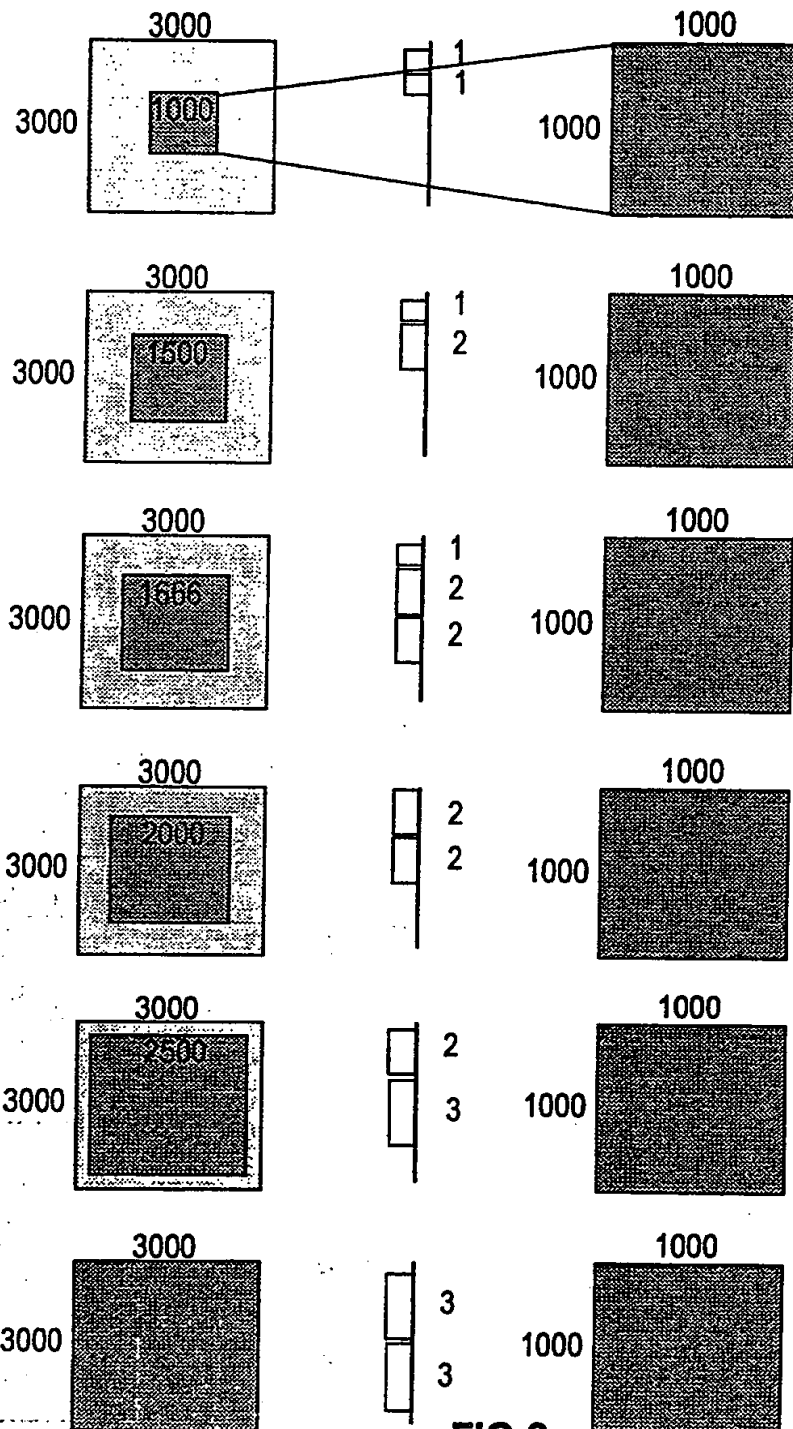
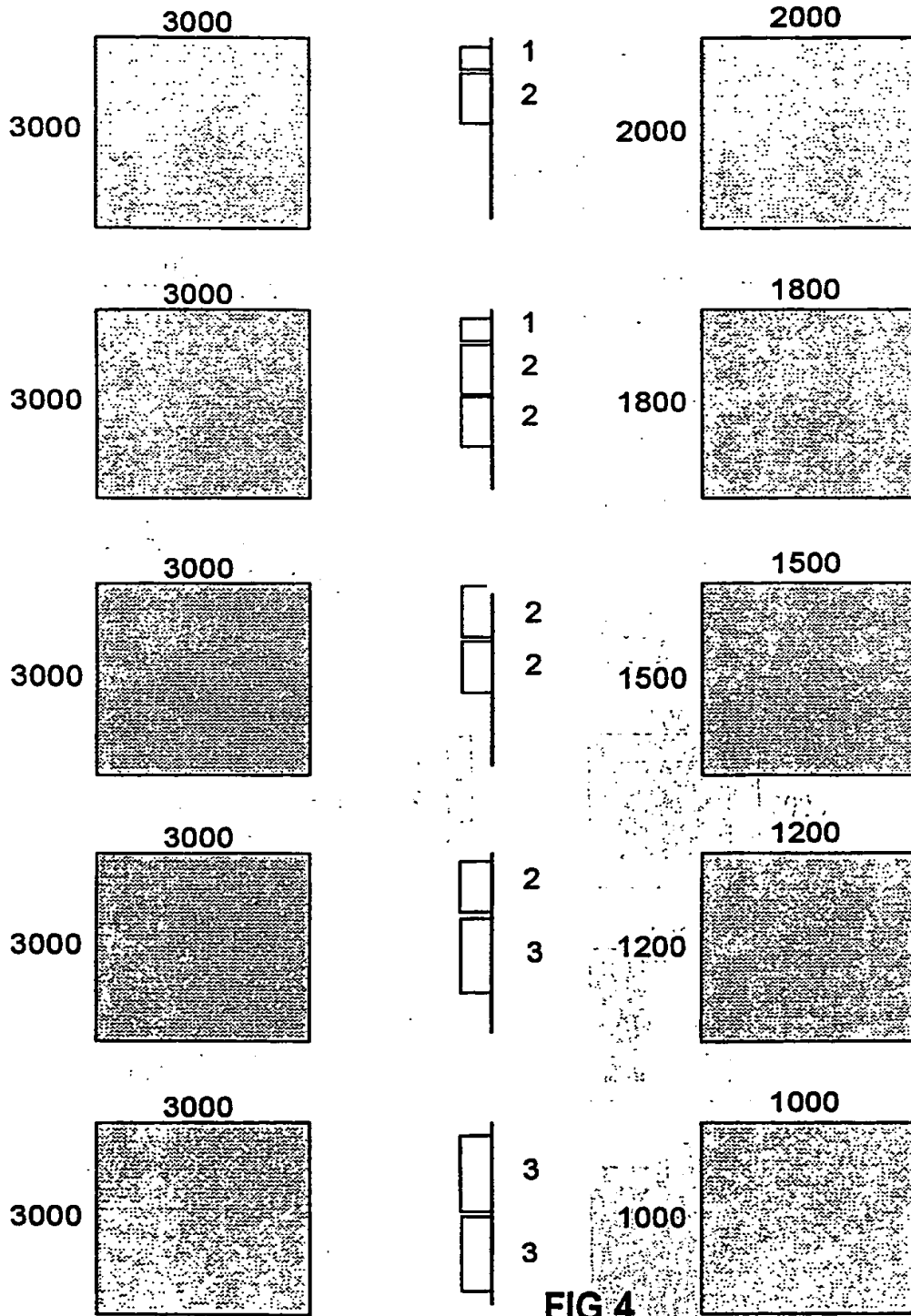


FIG 3



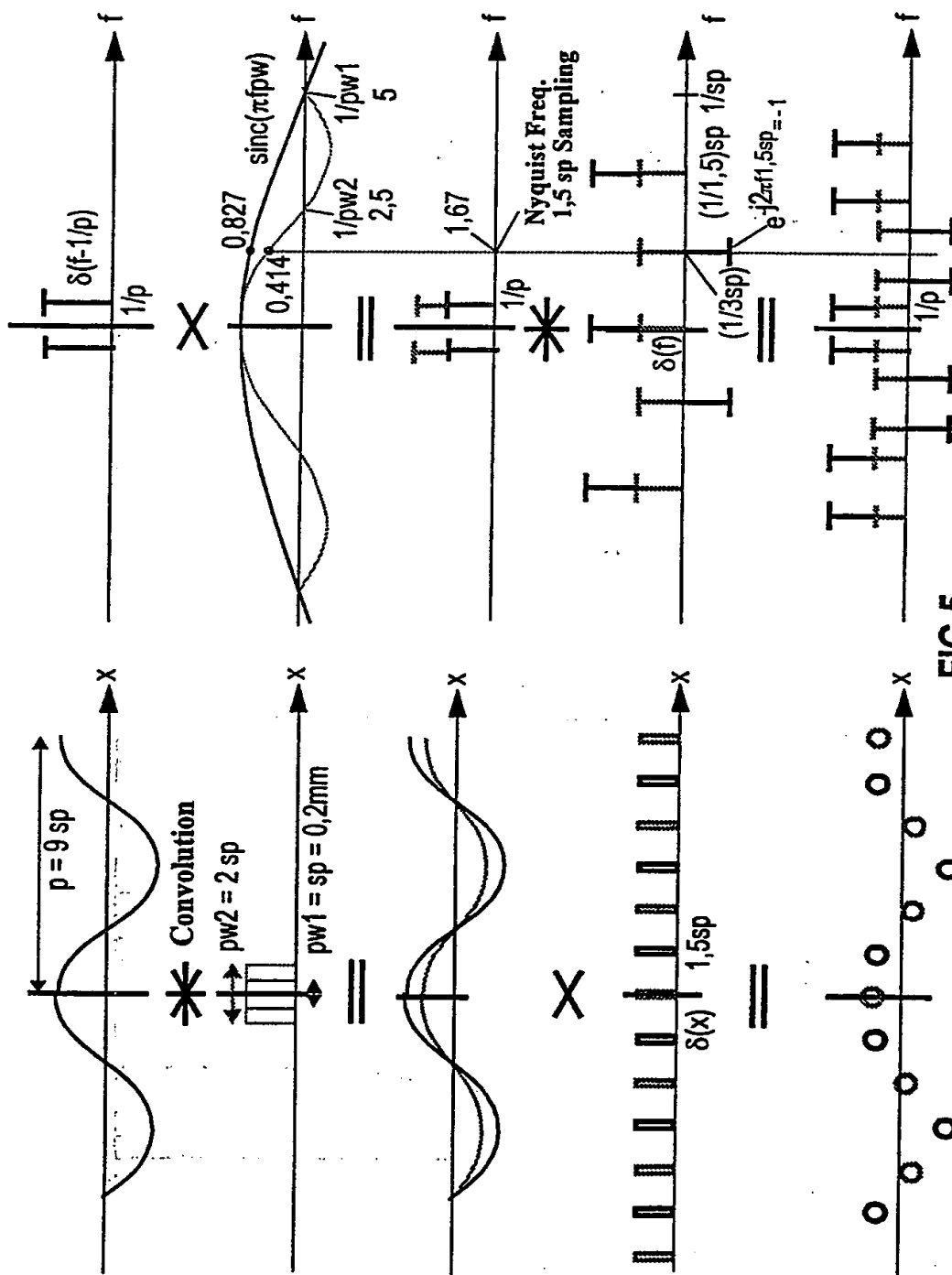


FIG 5

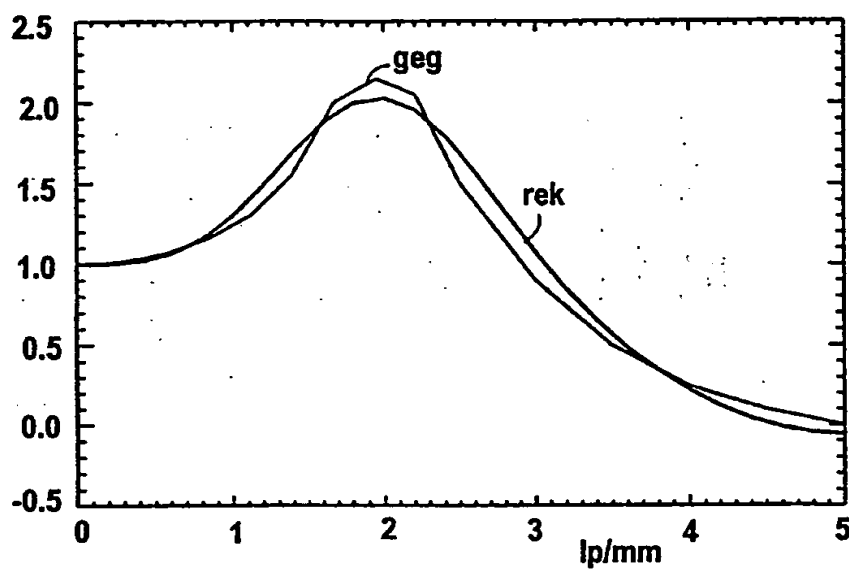


FIG 6

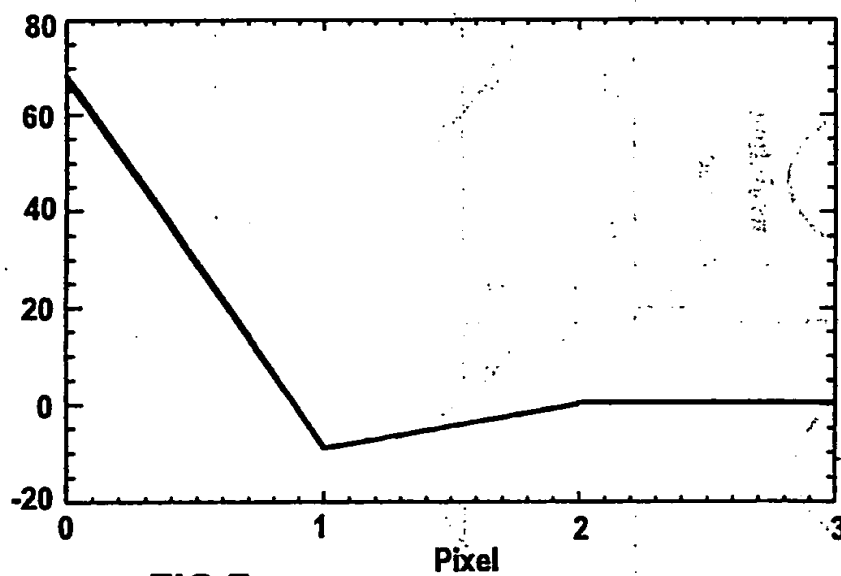


FIG 7

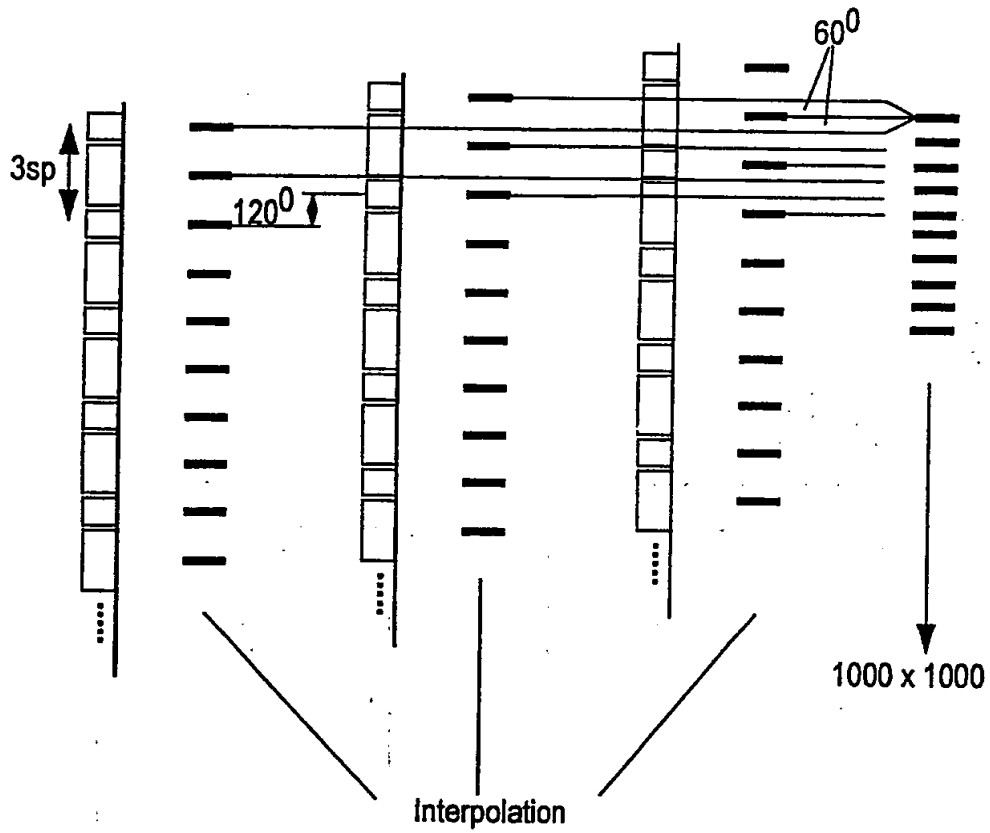
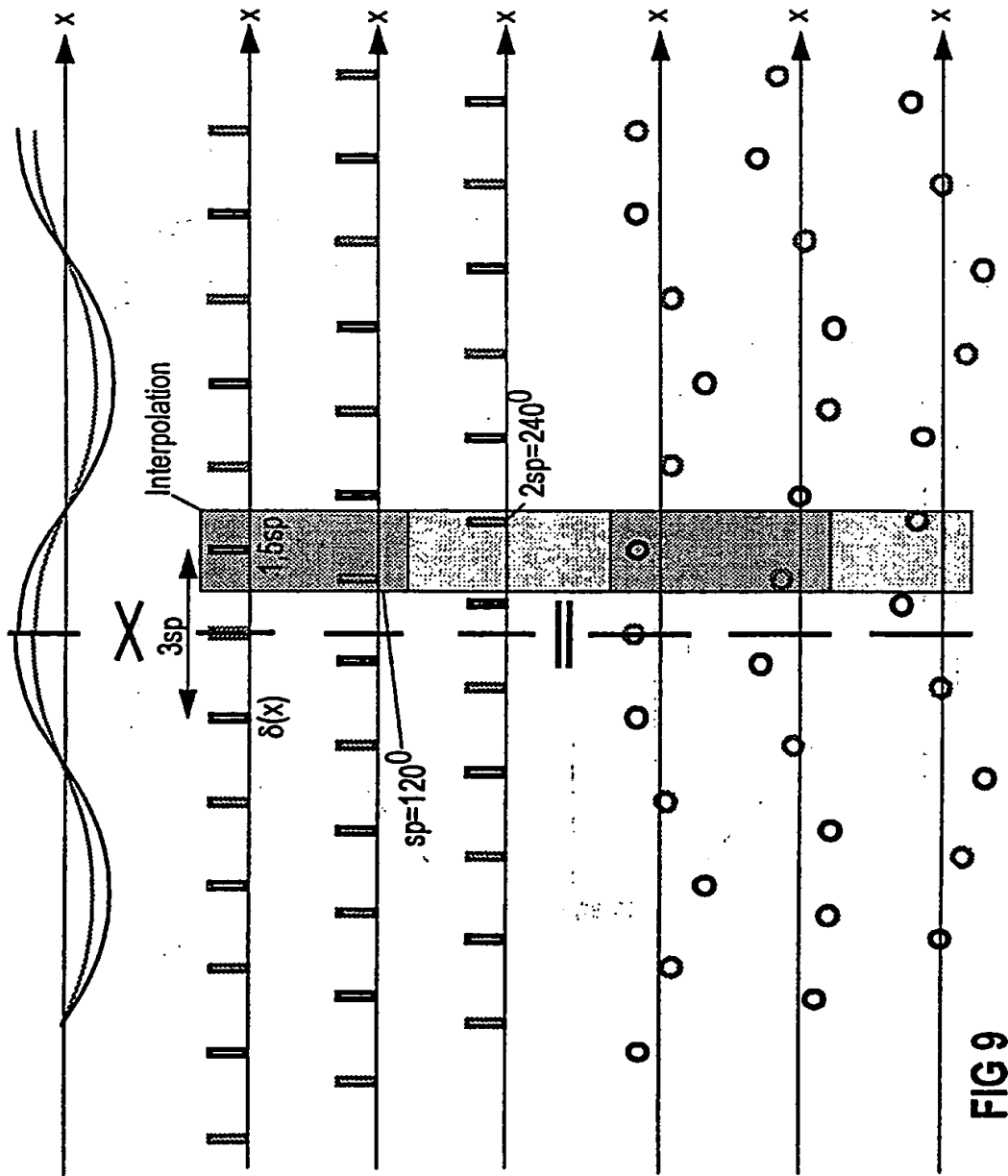


FIG 8



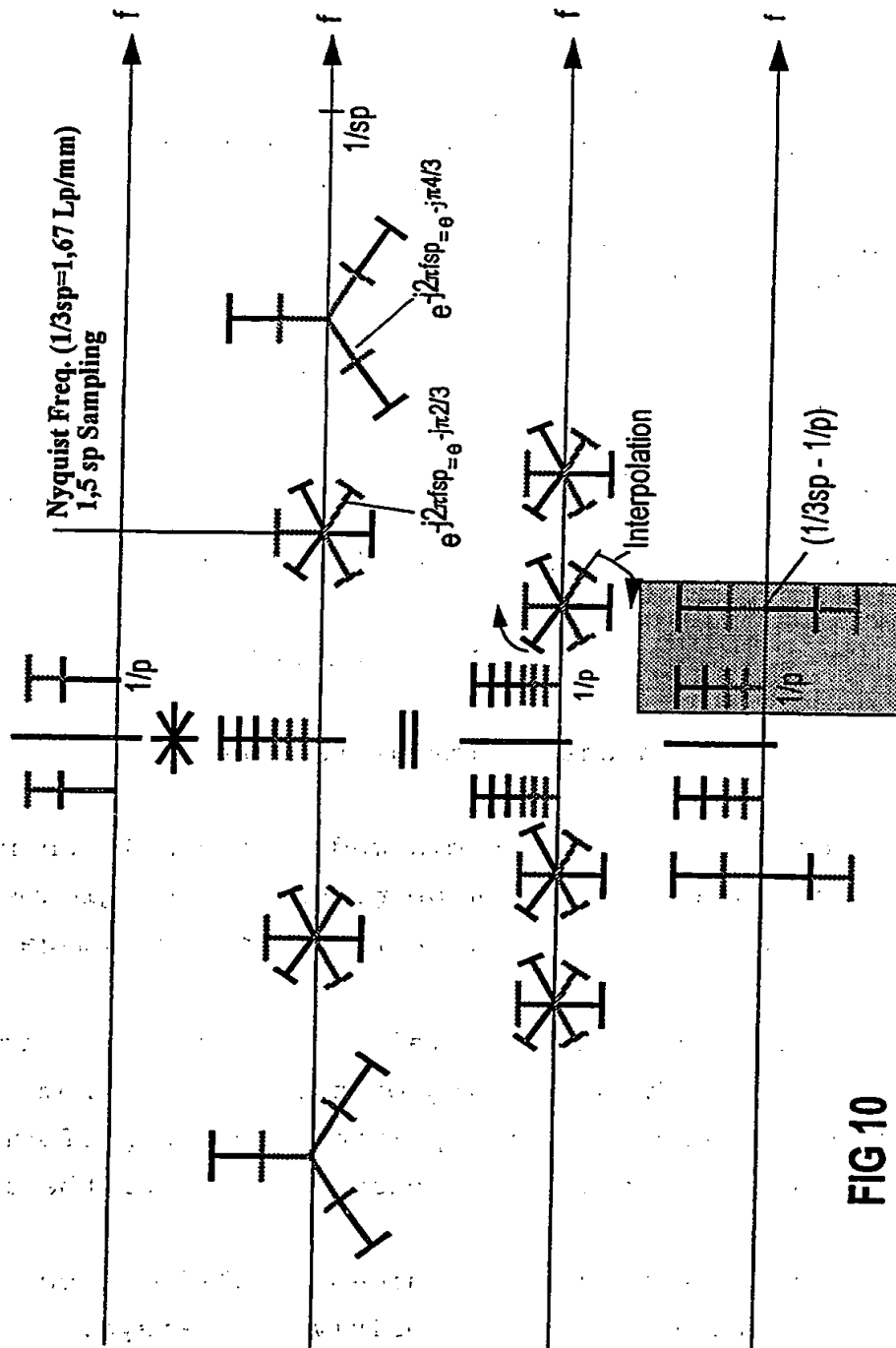


FIG 10